Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Parking Garages: Condition Survey

Document D32

Canada

89-01912/

Building Performance Evaluation Series

Parking Garages: Condition Survey

Document D32

AES 1-4:86-41

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada | Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title PARKING GARAGES: CONDITION SURVEY	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-41
	3. Date March 1988
4. Contact C. Patrickson, Public Works Canada	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D32
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-456, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 19
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

The purpose of this document is to assist the engineer in conducting a condition survey of deteriorating parking garages caused by de-icing salt brought into these structures with snow on the underside of cars. Methods for assessing and measuring this damage are shown in three stages. The Preliminary Assessment includes a plan archive analysis, walkthrough analysis and owner/manager interview with sample questions included in the Appendix. Stage II describes Simple Measurement Techniques available such as the Delamination Survey and Covermeter Survey with more specialized In-Depth Monitoring techniques given in Stage III such as the Half-Cell Survey and Chloride Permeability Test. Each method given describes its purpose, techniques used, equipment required and the necessary assessment and documentation. A list of applicable authorities/regulations, appropriate references and diagrams, and recommendations are also included in this document.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D32b	21. Price

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	Purpose and Objectives	*1*
1.2	Background Information	*1*
2.	**TERMS OF REFERENCE**	*3*
2.1	General Framework	*3*
3.	**METHODOLOGY**	*4*
3.1	Stage I – Preliminary Assessment	*4*
3.1.1	Plan Archive Analysis	*4*
3.1.2	Walkthrough Analysis	*4*
3.1.2.1	Description of Techniques	*4*
3.1.2.2	Equipment	*4*
3.1.3	Owner/Manager Interview	*4*
3.1.3.1	Description of Techniques	*4*
3.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	*5*
3.2.1	Delamination Survey	*5*
3.2.1.1	Purpose	*5*
3.2.1.2	Description of Techniques	*5*
3.2.1.3	Equipment	*5*
3.2.1.4	Assessment	*6*
3.2.1.5	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	*6*
3.2.2	Covermeter Survey	*6*
3.2.2.1	Purpose	*6*
3.2.2.2	Description of Techniques	*6*
3.2.2.3	Equipment	*6*
3.2.2.4	Assessment	*6*
3.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring	*8*
3.3.1	Half-Cell Survey	*8*
3.3.1.1	Purpose	*8*
3.3.1.2	Description of Techniques	*8*
3.3.1.3	Equipment	*8*
3.3.1.4	Assessment	*8*
3.3.1.5	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	*8*

3.3.2	Chloride Permeability Test	9
3.3.2.1	Purpose	9
3.3.2.2	Description of Techniques	9
3.3.2.3	Equipment	9
3.3.2.4	Assessment	9
4.	**REFERENCES**	11
5.	**APPENDICES**	13
5.1	Standard Terms and Units of Measurement – not applicable	
5.2	Governing Authorities and Regulations	13
5.3	Summary of Information on Plans and Specifications for Parking Structures	14
5.3.1	General Information	14
5.3.2	Design Data	14
5.4	Checklist for Expert Walkthrough of Parking Structures	15
5.4.1	General Information	15
5.4.2	Summary of Ratings	15
5.4.3	Condition Survey of Slabs	16
5.4.4	Other Components	18
5.5	Building Performance Evaluation Document List	19

LIST OF FIGURES

1.2.1	Spalling due to corrosion of reinforcement	2
1.2.2	Delimination growth with time	2
3.2.1	Delimination in a flat slab	7
3.2.2	Sketch of delaminated areas	7
3.3.1	Copper-copper sulphate	10
3.3.2	Equipotential half-cell contour map	10
3.3.3	Rapid permeability test	10

LIST OF TABLES

3.3.1	Interpretation of Chloride Permeability Test Results	9

PREFACE

Over the past few years deteriorated garages have become an increasingly widespread problem. The damage is caused by de-icing salt brought into the garage with snow on the underside of cars. Melting of the snow produces a brine that, in time, permeates the concrete deck. The presence of chloride induces corrosion of the reinforcing bar, a process accompanied by delamination and spalling of the concrete cover.

Major repairs are usually needed eight to ten years after construction. Although exact figures are not available, it has been estimated that the nationwide cost of repairing all the garages in Canada is about $1.5 billion (Ref. 1).

The purpose of this document is to assist the engineer in conducting a condition survey of these structures.

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE AND OBJECTIVES

The purpose of this document is to describe the steps involved in making a condition survey of a deteriorated parking garage. These steps are classified as:

Stage I – Preliminary Assessment
Stage II – Simple Measurement Techniques
Stage III – Specialized In–Depth Monitoring

It is assumed that the reader is an engineer experienced in the design of reinforced concrete structures.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

The cause of deterioration of a parking garage is well documented (Ref. 1 to 9).

Road salt and snow carried into the garage by vehicles, melts in time and forms pools of salt solutions. If the garage floor is unprotected – i.e., neither waterproofing membrane nor sealer is present – de–icing salts seep into the concrete and induce corrosion of the reinforcing steel leading to cracking and delamination of the concrete cover. The resulting conditions are illustrated in Fig. 1.2.1.

Typically, the damages become apparent after 5 years of service (Fig. 1.2.2) and increase in terms of the size of the delaminated areas at a rate of 3 per cent per year (Ref. 5).

The problem is widespread across Canada. It has been estimated that the nationwide cost of repairing all of the deteriorated garages is about $1.5 billion (Ref. 1).

The repair of a garage usually consists of removing the delaminated concrete, placing new concrete, and applying a waterproofing membrane over the floor surface. Although the rate of further deterioration is reduced, it is not halted. Measurements indicate that delamination continues at a rate of about one percent per year, depending on the amount of damage at the time of repair and other conditions.

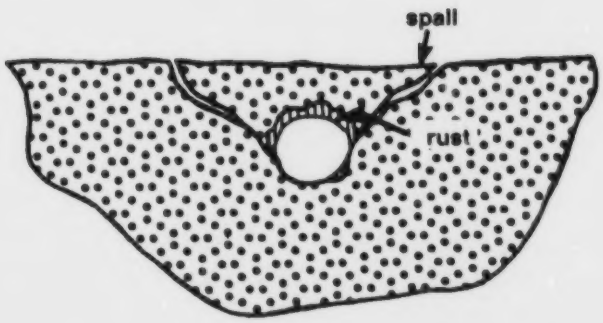

Figure 1.2.1 Spalling due to corrosion of reinforcement

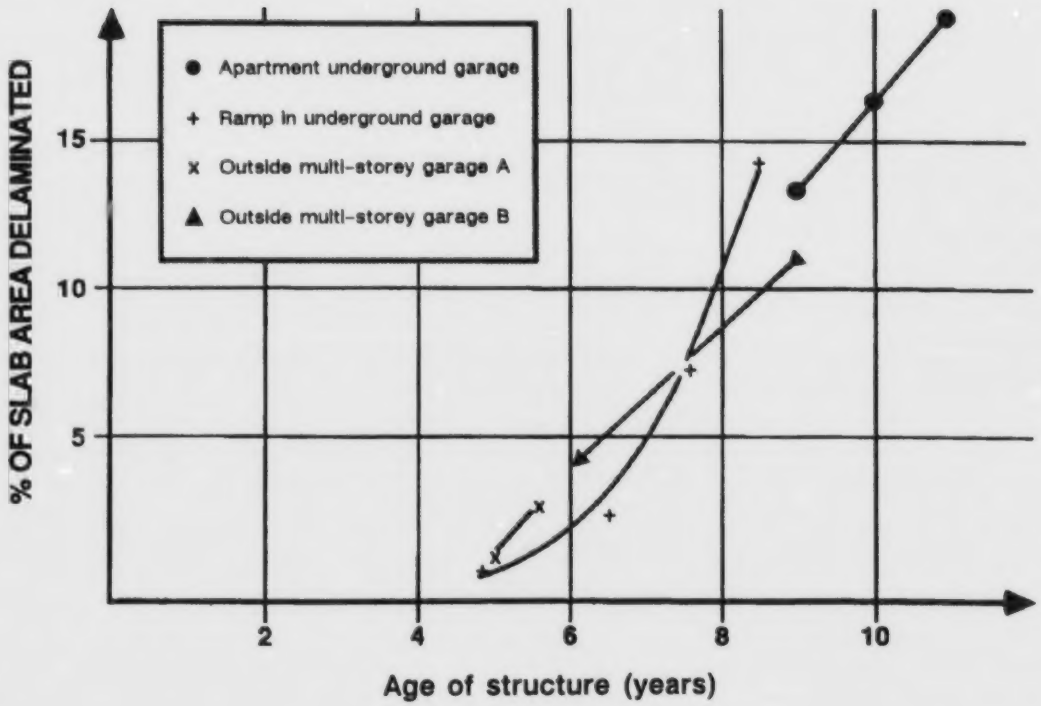

Figure 1.2.2 Delamination growth with time (from Ref. 5)

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

Until the late 1970s the problem of parking garage deterioration was not widely known. Floors were designed as ordinary office floors using CAN3–A23.3–M77, "Code for the Design of Concrete Structures of Building", and were not protected against salt water by waterproof membranes or any other means.

However, as the problem became widespread, designers began to take more care in the design of parking garages. They used better quality concrete, more cover over the steel reinforcement, better drainage, and waterproofing systems even though these were not required by the National Building Code.

3. METHODOLOGY

3.1 Stage I – Preliminary Assessment

3.1.1 Plan Archive Analysis

Before visiting the garage, the engineer should obtain a set of plans and specifications. These documents should be reviewed, and those items that may affect the durability of the structure noted. Section 5.3 contains a checklist for assessing the plans and specifications.

3.1.2 Walkthrough Analysis

The purpose of the walkthrough analysis is to form an overall impression of the condition of the garage, and to establish which areas require more detailed inspection.

3.1.2.1 Description of Technique

The checklist shown in Section 5.4, based on a large survey of parking garages (Ref. 5), is useful in planning the walkthrough and organizing the results. In addition to the checklist, photographs should be taken of deteriorated areas and components.

3.1.2.2 Equipment

1. 35 mm camera with wide angle and close–up lenses, colour film, and photograph record forms.
2. Clipboard, checklist, paper, tape recorder.
3. Flashlight, heavy duty pocket knife, hammer, measuring tape, measuring magnifier with 0.1 mm scale and marking crayons and spray paint.

3.1.3 Owner/Manager Interview

The most useful information, including details of the maintenance program and the repair history, is obtained by interviewing the owner or manager.

3.1.3.1 Description of Technique

Permission should be obtained to tape record the interview. Written notes should be made of all pertinent answers. In addition to the interview, reports, drawings and specifications of previous repairs should be obtained.

The following questions should be asked:

Note: If the garage is well maintained, the answers should be within the limits shown in brackets.

1. How often are the floors washed? (Semi–annually is a minimum.)
2. How often are the drains checked and cleaned? (Weekly is desirable; semi–monthly is a minimum.)

3. How often are joint sealants checked for leaks? (Semi-annually is a minimum.)
4. How often are expansion joints checked for leaks? (Semi-annually is a minimum.)
5. How often is the waterproofing system checked for leaks? (Semi-annually is a minimum.)
6. If the floors are sealed, how often is the sealer re-applied? (Every two to three years is a minimum.)
7. If the floor has a waterproof system, how often are worn spots on the wearing surface repaired? Are there any that need repairing now?
8. How often is the structure checked for deteriorated floors, water leakage and rusted steel? (Semi-annually is desirable; annually is a minimum.)

3.2 STAGE II - SIMPLE MEASUREMENT TECHNIQUES

The delamination and covermeter surveys are simple tests that determine the amount of repair work needed.

Test areas should be chosen that are representative of the garage's condition and comprise at least ten percent of the total area. The test areas should be divided into a 2 m by 2 m grid using the columns and walls as reference points.

3.2.1 Delamination Survey

3.2.1.1 Purpose

A delamination is a plane of separation parallel to the slab surface at the level of the top reinforcement, as shown in Figure 3.2.1. Typically, it is not visible on the surface of the concrete. The chain drag is commonly used to find delaminated areas.

3.2.1.2 Description of Techniques

With this method, a heavy steel chain is dragged across the surface of the floor. The sound it makes changes from a ring to a dull sound over the delaminated areas. After the area is roughly sounded out, fine tuning of the boundary can be done by tapping the surface of the concrete with a hammer.

The delaminated areas should be outlined with a marking crayon or spray paint.

If the slab is covered with a waterproofing system or a topping, selective removal may be necessary to distinguish it from other debonded areas.

With thin membrane systems, debonded areas can often be identified as water-filled bubbles that are easy to push down by hand, or that can be cut open with a knife. With some membranes it may not be possible to distinguish between a debonded membrane and delaminated concrete.

3.2.1.3 Equipment

1. A chain drag. A single heavy chain or, four or five lengths of light chain connected to a handle may be used.
2. Sample collection bag large enough to hold a piece of delaminated concrete or debonded membrane, with identification tags.

3.2.1.4 Assessment

Although each garage is different, major repairs are usually needed when the delaminated area is about ten percent of the total area.

3.2.1.5 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

All working papers created during this survey should be retained. The delaminated areas should be indicated on a sketch, as illustrated in Figure 3.2.2. The amount of delamination, expressed as a percentage of the test area, can be extrapolated to estimate the total delamination area in the garage.

3.2.2 Covermeter Survey

3.2.2.1 Purpose

A survey of the amount of concrete cover over the top layer of reinforcement can be carried out by using a pachometer, also known as a covermeter or an R-meter. The instrument detects steel magnetically and is calibrated to give the depth of concrete cover for a known bar size. If the bar size is not known, it can be estimated since the measurement is not sensitive to bar size.

3.2.2.2 Description of Techniques

After the instrument has been turned on and allowed to warm up, it is set to zero as explained in the manufacturer's instructions. The accuracy of the meter should be checked by making several measurements where the cover thickness can be verified manually, such as, at drilled core holes or delaminated areas. The accuracy is normally 3 mm for a cover thickness up to 40 mm cover, and 6 mm for over 40 mm (Ref. 5).

To measure the cover, the probe is placed on the concrete surface parallel to the bar being measured and the probe is then moved at right angles to this direction. The bar location corresponds to the maximum deflection of the meter needle and the amount of cover is read directly off the scale.

For additional information on this procedure, refer to "BS4408" cited in section 5.2.

3.2.2.3 Equipment

A pachometer such as the James Electric R-Meter is required.

3.2.2.4 Assessment

Sufficient cover is a measure of care taken during construction, and is an important factor in the durability of a garage floor. In a badly deteriorated garage, delaminated areas typically have only 1 to 5 mm cover.

Areas that are not yet delaminated, but have only 5 to 10 mm of cover, may very likely become problem areas in the future.

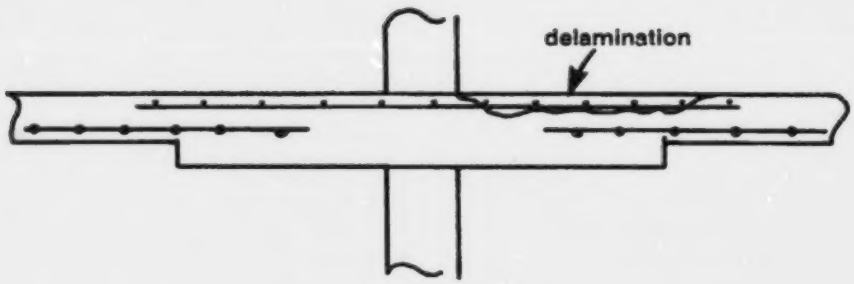

Figure 3.2.1 Delamination in a flat slab

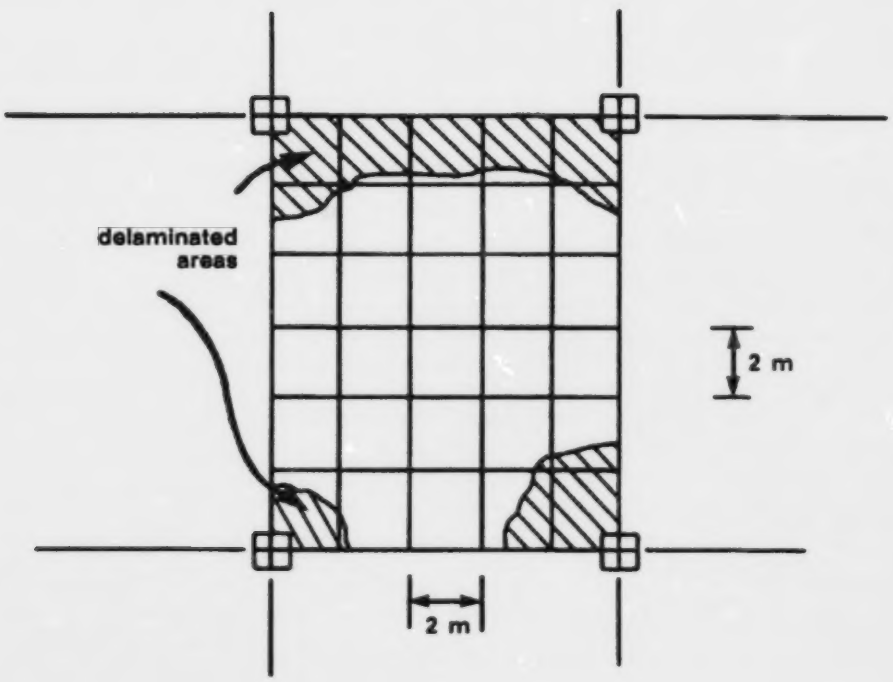

Figure 3.2.2 Sketch of delaminated areas

3.3 STAGE III - SPECIALIZED IN-DEPTH MONITORING

These tests are not difficult to do, but they are complex and special equipment is needed. They are best left to engineering firms that specialize in doing this type of work.

3.3.1 Half-Cell Survey

3.3.1.1 Purpose

A copper–copper sulphate half cell is an instrument that measures the voltage or potential of the reinforcing steel at each grid point in the test area. This measurement can be related to how actively the reinforcing is corroding in that area.

3.3.1.2 Description of Techniques

As illustrated in Figure 3.3.1, the method consists of connecting a wire to an exposed reinforcing bar and through a voltmeter to a copper–copper sulphate half cell. The copper–copper sulphate half cell is then placed on each grid point in the test area and the potential of the reinforcing steel at the location is read. Any waterproofing system on the floor must be removed at the grid points before the measurements can be made.

3.3.1.3 Equipment

A copper–copper sulphate half cell measuring device, a hammer and chisel for exposing the reinforcing, and a wire brush for cleaning are needed.

3.3.1.4 Assessment

The measured potential is directly related to the corrosion activity. If the reading is less than -0.20 V CSE (Copper Sulphate Equipotential), the probability that reinforcing steel corrosion is occurring in that area is less then 10 percent. If it is between -0.20 and -0.35 V CSE, the probability of corrosion is uncertain. If it is greater than -0.35 V CSE, the probability of corrosion is greater than 90 percent.

Unless all chloride–contaminated concrete is replaced, corrosion of the reinforcing steel, though at a lesser rate will continue. Repaired concrete protected with a waterproofing membrane may show active corrosion in 25% of the area (Ref. 5).

Often it is impractical or impossible to remove this much concrete. In these structures, delamination continues underneath the waterproofing system and future repairs have to be anticipated in five to ten years.

3.3.1.5 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

Using the measured potentials at the grid points as reference points, an equipotential contour map should be sketched. As shown in Figure 3.3.2, the shaded area represents locations where the potential exceeds -0.35 volts, indicating a greater than 90 percent probability that the reinforcing steel is corroding.

3.3.2 Chloride Permeability Test

3.3.2.1 Purpose

The thickness and permeability of the cover affects the length of time period required for the chlorides to reach the reinforcement. For protection of the steel, therefore, concrete with low permeability and/or an impervious waterproofing system is of value. Permeability test measures this properly.

3.3.2.2 Description of Techniques

The standard test for permeability was AASHTO T 259–80, "Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration". Unfortunately, this test takes 90 days to complete.

A new rapid test, that takes only 6 hours, has been developed recently (Ref. 5). The test is performed on the top 50 mm thick section of a standard size core. The effect of sealing or waterproofing the surface can thus be assessed.

The specimen is placed in the test apparatus (Fig. 3.3.3) and a 60 V Direct Current (DC) is maintained across the specimen for six hours, forcing chloride ions to migrate out of the sodium chloride solution and through the concrete. Current versus time is integrated to determine the total charge in units of coulombs.

3.3.2.3 Equipment

A diamond drill to obtain 100 mm diameter cores and the laboratory apparatus shown in Figure 3.3.3 are needed.

3.3.2.4 Assessment

Table 3.3.1, taken from Reference 5, is used to evaluate the results.

Chloride Permeability	Charge Passed (coulombs)	Type of Concrete
High	4000	High water–cement ratio (0.6)
Moderate	2000 to 4000	Moderate water–cement ratio (0.4 to 0.5)
Low	1000 to 2000	Low water–cement ratios, "Iowa" dense concrete
Very Low	100 to 1000	Latex modified concrete
Negligible	100	Polymer concrete

Table 3.3.1 Interpretation of Chloride Permeability Test Results

The lower the charge, the more impermeable the concrete. A specimen with a waterproofing system should have zero or negligible permeability. The effect of a sealer is more variable, because its effectiveness depends on the amount of traffic abrasion. Measured values vary from 400 to 8700 coulombs (Ref. 5).

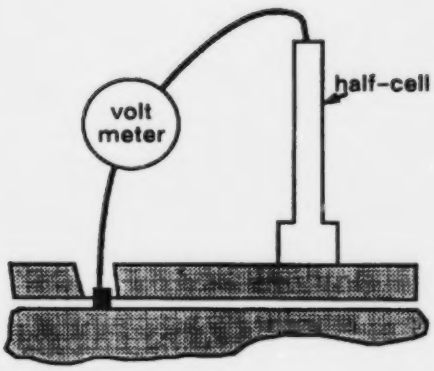

Figure 3.3.1 Copper-copper sulphate

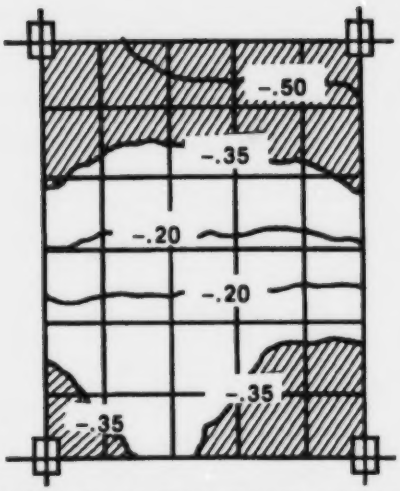

Figure 3.3.2 Equipotential half-cell contour map

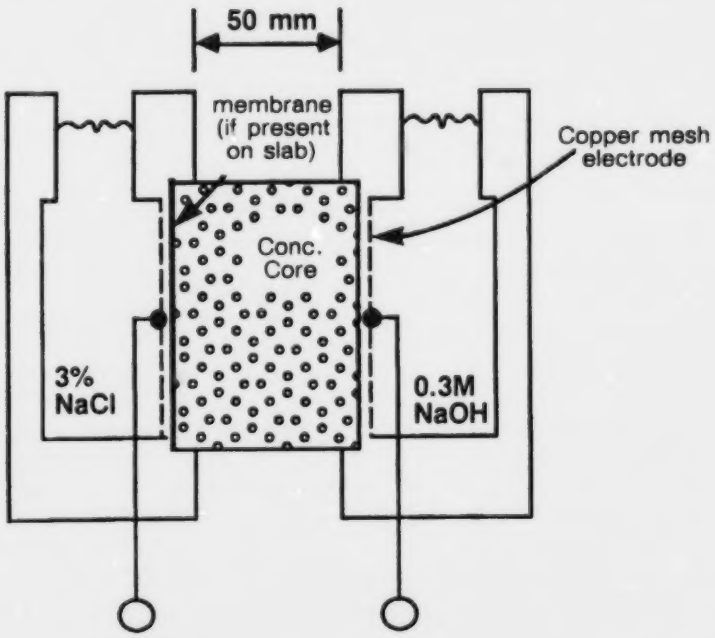

Figure 3.3.3 Rapid permeability test

The results of the condition surveys and tests described in Chapter 3 should be reviewed by the engineer and, if necessary, a structural analysis should be conducted to determine the effect of the deterioration on the capacity of the structure. The engineer should also determine the shoring requirements and the repair method. Headroom, extra dead load, noise, dust and water restrictions should also be considered.

A good treatment of deterioration and repair procedures is given in CMHC's "Deterioration of Parking Structures" (Ref. 8).

4. REFERENCES

1. Litvan, G.G., **Deterioration of Indoor Parking Garages**, National Research Council of Canada, Division of Building Research, Canadian Building Digest No. 224, July, 1982, 4 pp.

2. Peterson, C.A., **Survey of Parking Structure Deterioration and Distress**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, No. 3, March 1980, pp. 47–55.

3. **Corrosion of Metals in Concrete**, ACI Committee 222, ACI Journal, January–February, 1985, pp. 3–32.

4. Monroe, D., **Principles of Watertight Concrete Construction for Parking Structures**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, No. 3, March 1980, pp. 22–27.

5. Bickley, J.A., **Parking Structure Deterioration: A Survey and Analysis of its Extent and Influencing Factors:, Vol. 1**, Canada Mortgage and Housing Corporation, December 1984, 160 pp.

6. **Parking Garage Maintenance Manual**, prepared by the Parking Consultants Council, National Parking Association, Washington, 47 pp.

7. Pinjarkar, S.G., Osborn, A.E.N., Koob, M.J., and Pfeifer, D.W., **Rehabilitation of Parking Decks with Super–Plasticized Concrete Overlay**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, No. 3, March 1980, pp. 56–61.

8. Suter, G.T., **Deterioration of Parking Structures: Extent, Causes and Repair Considerations**, Canada Mortgage and Housing Corporation, October, 1985, 59 pp.

9. **State–of–the–Art Report on Parking Structures**, ACI Committee 362, ACI Journal, No. 4, Proc. V. 82, July–August, 1985, 35 pp.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

This section is not applicable.

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATIONS

The following authorities and regulations should be used for the design or repair of parking garage structures:

For condition survey and repair of existing garages:

1. **Interim Guidelines, Investigation, Repairs, Design and Construction of Parking Structures**, by the Ontario chapter committee of the ACI on parking structures.

2. **State-of-the-Art Report on Parking Structures**, ACI Committee 362, Journal of the American Concrete Institute, Proceedings Volume 82, No. 4, 1985, p. 544-578.

For design of new garages:

3. **Parking Structures - New Construction Requirements**, Canada Mortgage and Housing Corporation, Technical Builders' Bulletin No. T-7, 1984.

For tests:

4. **Recommendations for Non-Destructive Methods of Test for Concrete, Part 1, Electromagnetic Cover Measuring Devices**, British Standards Institution Standard BS 4408, Part 1, 1969.

5. **Half-Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete**, ASTM C876-80. American Society for Testing and Materials.

6. **Obtaining and Testing Drilled Cores for Compressive Strength Testing**, CAN3-A23.2-M77 - Methods of Test for Concrete, Test Method 14C. Canadian Standards Association.

7. **Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration**, AASHTO T 259-80. American Association of State Highway and Transportation Officials.

5.3 SUMMARY OF INFORMATION ON DRAWINGS AND SPECIFICATIONS FOR PARKING STRUCTURES

5.3.1 General Information

1. Name and address of building: _____
   _____
   _____
2. Date of last revision on plans: _____
3. Parking spaces: Roof _____ Underground _____
4. Type of structure: (flat plate/flat slab with drops/one-way slab/ prestressed concrete (pretensioned, posttensioned)/structural steel _____
5. Above ground or below ground: _____
   Enclosed or open: _____
6. Heated or unheated: _____
7. Separate structure or part of building: _____
8. Number of levels, excluding roof: _____
9. Presence of landscaping: _____

5.3.2 Design Data

1. On separate sheets of paper, show:
   - plan of typical floor with grid lines, dimensions, etc.
   - expansion joint locations
   - expansion joint details
   - floor drain detail
   - section through structure
   - if there is a waterproofing membrane, show treatment at drains and expansion joints
2. Concrete:

   Class of exposure specified (circle one): A B C D (Refer to Table 7 in CSA Standard CAN3-A23.1-M77, **Concrete Materials and Methods of Concrete Construction**.)

   Air entrainment: _____ %
   Minimum cement content: _____ kg/m^3
   28-day strength: _____ MPa
3. Specified cover: _____ mm
4. Waterproofing/sealer specified? _____
   Type: _____
5. Epoxy-coated bars? _____
6. Slope to drains: _____
7. Spacing between drains: _____ metres

5.4 CHECKLIST FOR EXPERT WALKTHROUGH OF PARKING STRUCTURES

5.4.1 General Information

1. Name and address of building: _____
2. Building manager's name and telephone number: _____

   How long has building manager been in charge: _____
3. Type of construction: _____
4. Repair history: _____
5. Inspected by: _____ Date: _____

5.4.2 Summary of Ratings

This section to be completed after Sections 5.4.3 and 5.4.4.
(Use these terms: very poor/poor/fair/good/very good)

	Topside Visual	Underside Visual	Overall Rating
Roof Slab			
Interior Slabs			
Ramps			
Expansion Joints			
Walls, Columns			
Drains			
Other			
Overall Parking Structure Rating			

Comments regarding serious structural defects: _____

5.4.3 Condition Survey of Slabs

Make photocopies of this section and use a separate copy for each slab.

1. Type of Slab (circle one)
   Slab–on–Grade Suspended Floor Ramp Roof Slab

2. Level: _____

3. Top Surface

   a) Protection:
   _____ membrane
   _____ sealer
   _____ none

   b) Membrane:
   Type _____

   Condition: _____ worn in high traffic areas
   _____ debonded from concrete
   _____ torn or cracked

   c) Sealer:
   Evidence of re–sealing? _____

   If water is poured on the concrete, does it form droplets? _____
   Does it soak in? _____

   d) Patches and Potholes
   _____ None
   _____ Some
   _____ Many
   _____ Numerous

   e) Cracks in the Surface:

   i) Number of Cracks

   _____ None
   _____ Few (1 m long per 20 m²
   _____ Many (1–5 m long per 20 m²
   _____ Numerous (more than 5 m long per 20 m²

   ii) Crack Widths

   _____ Barely Visible
   _____ Easily Visible
   _____ 0.5 mm or less
   _____ more than 0.5 mm

   f) Concrete Delamination:
   _____ % of area (estimated by random chain – dragging)

   g) Maintenance:
   Are the floors swept clean? _____
   Any signs of salt deposits? _____

   h) General Condition of Top Surface:
   _____ Very Good
   _____ Good
   _____ Fair
   _____ Poor
   _____ Very Poor

5.4.3 Condition Survey of Slabs (cont'd)

4. Underside

a) Cracks Associated with leached Deposits and Rust Stains:
_____ None
_____ Few (1 m long per 20 m^2)
_____ Many (1 – 5 m long per 20 m^2)
_____ Numerous (more than 5 m long per 20 m^2)

b) Amount of Concrete Spalling:
_____ None
_____ Few (1% of total area)
_____ Moderate (1 – 2% of total area)
_____ Numerous (more than 2% of total area)

c) Exposed Reinforcing Bars

i) Number of Exposed Bars
_____ None
_____ Few
_____ Many
_____ Numerous

ii) Condition of Bars
_____ Unrusted
_____ Slightly Rusted
_____ Moderately Rusted
_____ Severely Rusted

d) Wet Spots:
_____ None
_____ Few
_____ Many
_____ Numerous

Do these spots correspond to locations of ponded water on the top surface? _____

e) General Condition of Underside:
_____ Very Good
_____ Good
_____ Fair
_____ Poor
_____ Very Poor

5.4.4 Other Components

(Use these terms: none/few/some/many/numerous)

1. Floor and Roof Expansion Joints

   Leakage _____
   Cracking/separation from concrete _____
   Rust Staining _____
   Adjacent spalling _____
   Adjacent exposed bars _____
   Expansion joint movement accommodated? yes ___ no ___

2. Column and Wall Expansion Joints

   Leakage _____
   Cracking/separation from concrete _____
   Rust Staining _____
   Adjacent spalling _____
   Adjacent exposed bars _____
   Expansion joint movement accommodated? yes ___ no ___

3. Columns/Beams

   Cracking _____
   Spalling _____
   Exposed bars _____

4. Walls

   Type: Block _____
   Poured Concrete _____
   Water Staining _____
   Spalling _____
   Exposed bars _____

5. Drains:

   Drains
   clean _____ clogged _____
   Areas of ponded water without drains _____
   Leakage around drains? _____
   Leakage through headers? _____
   Adjacent concrete deterioration? _____
   Are drain pipes still effective? _____

6. Electrical:

   Are electrical conduits badly rusted? _____
   Are junction boxes badly rusted? _____

5.5 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Garages de stationnement: relevé de la condition

Document D32

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Garages de stationnement: relevé de la condition

Document D32

SAG 1-4:86-41

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisabilité, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, Ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document GARAGES DE STATIONNEMENT : RELEVÉ DE LA CONDITION	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-41
	3. Date Mars 1988
4. Contact C. Patrickson, Travaux publics Canada	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique D32
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-456, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 19
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Le but de ce document est d'assister l'ingénieur à conduire un relevé de la condition des garages de stationnement détériorés par le sel : ce dernier étant apporté dans ces lieux par la neige présente sous les autos. Les méthodes d'analyse et de mesure sont décrites en trois étapes. L'évaluation préliminaire inclue une analyse des plans et archives, une analyse des lieux, et une entrevue avec le propriétaire/administrateur. Ce document liste également toutes questions reliées à chacune de ces analyses. L'étape 2 décrit les techniques simples de mesure disponibles, telle l'étude de la délimination et la mesure au pachomètre. Celles demandant un monitorage détaillé et spécialisé sont décrites à l'étape 3 comme par exemple le mesurage à l'aide d'une demi-cellule et l'essai de perméabilité aux chlorures. Chacune de ces méthodes définissent leur but, les techniques utilisées, l'équipement requis ainsi que toute évaluation et documentation nécessaires. Une liste des autorités compétentes et réglementations applicables, références appropriées, et recommandations est aussi présentée dans ce document.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP D32b	21. Prix

DPW 2398 (86/09)

TABLE DES MATIÈRES

	PRÉFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION**	*1*
1.1	But et objectifs	*1*
1.2	Information de base	*1*
2.	**DÉLIMITATION DU SUJET**	*3*
2.1	Cadre général	*3*
3.	**MÉTHODOLOGIE**	*4*
3.1	Étape I	*4*
3.1.1	Analyse des plans et des archives	*4*
3.1.2	Analyse des lieux par des experts	*4*
3.1.2.1	Description des techniques	*4*
3.1.2.2	Équipement	*4*
3.1.3	Entrevue avec le propriétaire ou le gérant d'immeuble	*4*
3.1.3.1	Description des techniques	*4*
3.2	Étape II – Techniques simples de mesure	*5*
3.2.1	Étude de la délimination	*5*
3.2.1.1	Objectif	*5*
3.2.1.2	Description des techniques	*5*
3.2.1.3	Équipement	*6*
3.2.1.4	Évaluation	*6*
3.2.1.5	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*6*
3.2.2	Mesure au pachomètre	*6*
3.2.2.1	Objectif	*6*
3.2.2.2	Description des techniques	*6*
3.2.2.3	Équipement	*8*
3.2.2.4	Évaluation	*8*
3.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	*8*
3.3.1	Mesure à l'aide d'une demi-cellule	*8*
3.3.1.1	Objectif	*8*
3.3.1.2	Description des techniques	*8*
3.3.1.3	Équipement	*8*
3.3.1.4	Évaluation	*8*
3.3.1.5	Documentation: établissement et classement des documents de travail	*9*

3.3.2	Essai de perméabilité aux chlorures	*9*
3.3.2.1	Objectif	*9*
3.3.2.2	Description des techniques	*9*
3.3.2.3	Équipement	*9*
3.3.2.4	Évaluation	*11*
4.	**RÉFÉRENCES**	*12*
5.	**ANNEXES**	*13*
5.1	Termes et unités standards de mesure – sans objet	
5.2	Autorités compétantes et réglementation applicable	*13*
5.3	Résumé des renseignements fournis par les plans et cahiers des charges des garages de stationnement	*14*
5.3.1	Renseignements généraux	*14*
5.3.2	Données de conception	*14*
5.4	Liste de vérification pour l'inspection des garages de stationnement par des experts	*15*
5.4.1	Renseignements généraux	*15*
5.4.2	Résumé des côtes	*15*
5.4.3	État des dalles	*16*
5.4.4	Autres éléments	*18*
5.5	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	*19*

LISTE DES FIGURES

1.2.1	Éclatement dû à la corrosion de l'armature	*2*
1.2.2	Progression du délaminage en fonction du temps	*2*
3.2.1	Délamination d'un plancher-dalle	*7*
3.2.2	Représentation des zones délaminées	*7*
3.3.1	Demi-cellule cuivre-sulfate de cuivre	*10*
3.3.2	Carte de courbes de niveaux équipotentiels	*10*
3.3.3	Essai rapide de perméabilité	*10*

LISTE DES TABLEAUX

3.3.1	Interprétation des résultats de l'essai de perméabilité aux chlorures	*11*

PRÉFACE

Depuis quelques années, la détérioration des garages est devenue un problème deplus en plus répandu. Ces dommages sont causés par le sel de déglaçage que contient la neige adhérante sous les automobiles. La neige fondue se transforme en saumure qui, avec le temps, s'infiltre dans la dalle de béton. La présence de chlorure cause la corrosion des barres d'armature, qui s'accompagne d'une délamination superficielle et suivie de l'éclatement du recouvrement de béton.

Des réparations majeures s'imposent généralement huit à dix ans après la construction. Bien qu'on ne dispose d'aucun chiffre exact, on estime que le coût de réparation de tous les garages du pays s'élève à environ $1.5 milliard de dollars (référence 1).

L'objectif visé par ce document est aider l'ingénieur à effectuer une analyse de la condition de ces structures.

1. INTRODUCTION

1.1 BUT ET OBJECTIFS

L'objectif de ce document est de décrire les différentes étapes que nécessite une évaluation de la condition d'un garage de stationnement détérioré. Ces étapes peuvent être classées comme suit:

Étape I – Évaluation préliminaire
Étape II – Techniques simples de mesure
Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé

Ce document s'adresse aux ingénieurs expérimentés dans la conception des structures en béton armé.

1.2 INFORMATIONS DE BASE

La cause de la détérioration des garages de stationnement est bien documentée (références 1 à 9).

Les véhicules font entrer dans le garage la neige contenant du sel de déglaçage, cette dernière fond avec le temps et forme des flaques de solution saline. Si le plancher du garage n'est pas protégé, c'est-à-dire s'il n'y a ni membrane d'imperméabilisation ni produit de scellement, les sels de déglaçage s'infiltrent dans le béton et produisent la corrosion de l'armature, causant ainsi la fissuration et la délamination superficielle du recouvrement de béton comme l'illustre la figure 1.2.1.

Généralement, les dommages deviennent apparents après 5 ans de service (figure 2) et augmentent en terme de superficie des zones délaminées à un taux de 3 pour cent par année (référence 5).

Ce problème est très répandu partout au Canada. Le coût de réparation de tous les garages détériorés au pays a été évalué à environ $1.5 milliard de dollars (référence 1).

La réparation d'un garage consiste généralement à enlever le béton délaminé, couler du nouveau béton, et appliquer une membrane d'imperméabilisation en surface. Ces travaux permettent de ralentir la détérioration, mais pas de l'éliminer. Certaines mesures indiquent que la délamination se poursuit à un taux d'environ un pour cent par année, tout dépendant de l'ampleur des dommages au moment de la réparation et de certaines autres conditions.

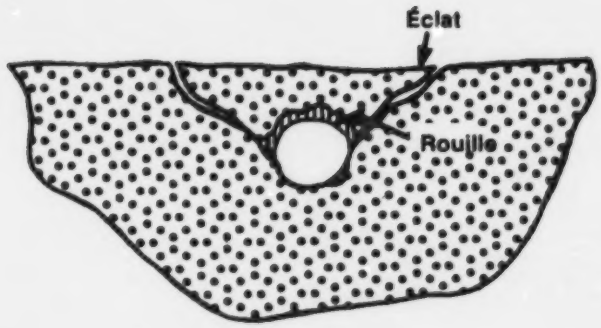

Figure 1.2.1 Éclatement dû à la corrosion de l'armature

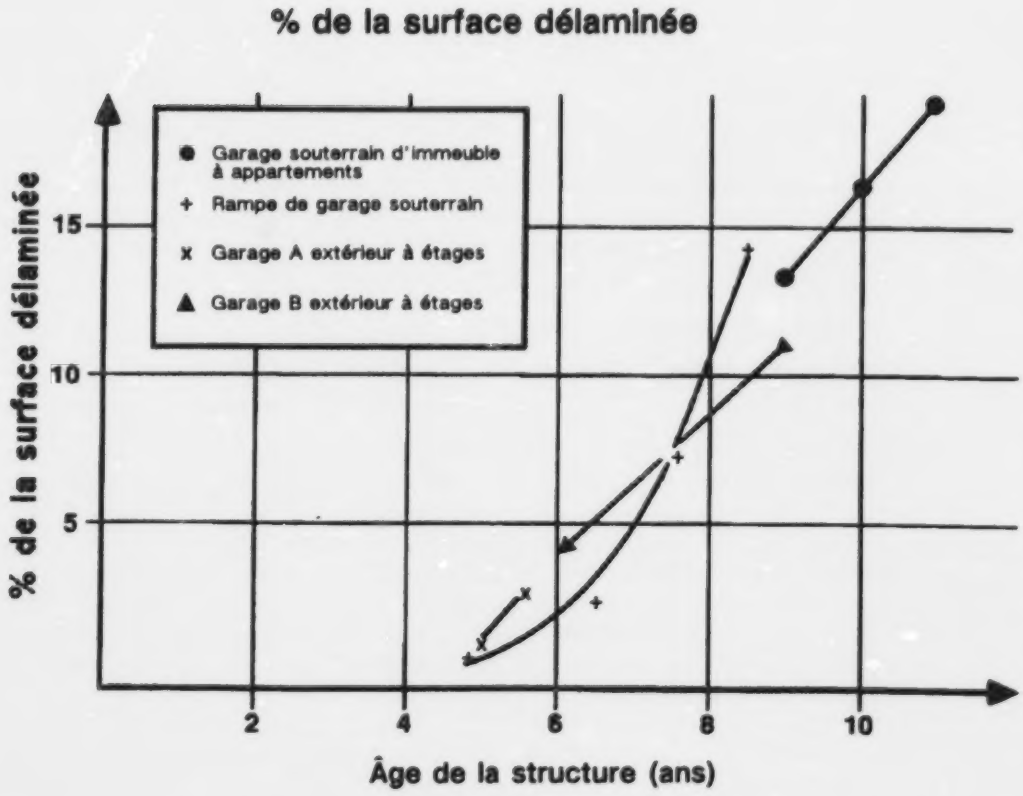

Figure 1.2.2 Progression du délaminage en fonction du temps (Tirée de la référence 5)

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Jusqu'à la fin des années 70, le problème de détérioration des garages de stationnement n'était pas très connu. Les planchers étaient conçus comme des planchers ordinaires d'immeubles administratifs conformément à la norme CAN3-A23.3-M77, "Code de conception des ouvrages en béton dans les bâtiments", et n'étaient pas protégés contre les solutions salines par des membranes imperméables ni par aucun autre moyen.

Toutefois, lorsque le problème s'est généralisé, les concepteurs ont porté plus d'attention à la conception des garages de stationnement. Ils ont utilisé du béton de meilleure qualité, un recouvrement plus épais sur l'acier d'armature, de meilleurs dispositifs d'évacuation de l'eau, et des membranes imperméables même s'ils n'y étaient pas requispar le Code national du bâtiment.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉTAPE I

3.1.1 Analyse des plans et des archives

Avant de visiter le garage, l'ingénieur doit obtenir un jeu de plans et le cahier des charges. Il doit étudier ces documents et noter les éléments qui peuvent affecter la durabilité de la structure. La section 5.3 contient une liste de vérification permettant l'évaluation de ces plans et cahier de charges.

3.1.2 Analyse des lieux par des experts

Le but de l'inspection est de se donner une idée globale de l'état du garage et de déterminer quelles zones nécessitent une inspection plus détaillée.

3.1.2.1 Description des techniques

La liste de vérification donnée à la section 5.4 qui est basée sur une liste utilisée pour une étude à grande échelle des garages de stationnement (référence 5), est très utile pour planifier l'inspection et ordonner les résultats. En plus de remplir cette liste de vérification, l'inspecteur devrait prendre des photographies des zones et éléments détériorés.

3.1.2.2 Équipement

1. Un appareil photo 35 mm avec objectifs grand angle et gros plan, pellicule couleur et formules d'enregistrement des photographies.
2. Une plaquette à pince, une liste de vérification, du papier, un magnétophone.
3. Une lampe de poche, un couteau de poche robuste, un marteau, un ruban à mesurer, un vernier grossissant ayant un échelle de 0.1 mm et des marqueurs ou de la peinture en aérosol.

3.1.3 Entrevue avec le propriétaire ou le gérant d'immeuble

Les renseignements les plus utiles, y compris les détails du programme d'entretien et le répertoire des réparations déjà effectuées, sont obtenus par une entrevue avec le propriétaire ou le gérant de l'immeuble.

3.1.3.1 Description des techniques

Il faut demander la permission d'enregistrer l'entrevue. Il faut noter toutes les réponses pertinentes. En plus de l'entrevue, il faut se procurer les rapports, dessins et devis des réparations antérieures.

Les questions suivantes doivent être posées:

Remarque: Si le garage est bien entretenu, les réponses devraient respecter les limites énoncées entre parenthèses.

1. Combien de fois annuellement les planchers sont-ils lavés? (Au moins deux fois par an.)
2. A quelle fréquence les avaloirs sont-ils vérifiés et nettoyés? Une fois par semaine est recommandée; la fréquence minimale est de deux fois par mois.)

3. Combien de fois annuellement vérifie–t–on s'il y a des fuites dans la garniture des joints? (Au moins deux fois par an.)
4. A quelle fréquence vérifie–t–on s'il y a des fuites dans les joints de dilatation? (Au moins deux fois par an.)
5. A quelle fréquence vérifie–t–on l'étanchéité de la membrane d'imperméabilisation? (Au moins deux fois par an.)
6. Si les planchers sont protégés par un enduit, à quelle fréquence applique–t–on une nouvelle couche d'enduit? (Au moins tous les deux ou trois ans.)
7. Si le plancher comporte une membrane d'imperméabilisation, à quelle fréquence les endroits usés sont–ils réparés? Y en a–t–il à réparer actuellement?
8. A quelle fréquence vérifie–t–on si les planchers sont détériorés, s'il y a fuite d'eau ou si l'acier n'est pas rouillé? (La fréquence recommandée est de deux fois par année; la fréquence minimale est d'au moins une fois par année.)

3.2 ÉTAPE II – TECHNIQUES SIMPLES DE MESURE

Les analyses de délamination superficielle et de mesure au pachomètre sont des essais simples qui permettent de déterminer l'ampleur des travaux de réparation nécessaires.

Des zones d'essai doivent être choisies de façon à être représentatives de l'état du garage et devraient présenter au moins dix pour cent de l'aire totale. Les zones d'essai doivent être subdivisées en carré de 2 m sur 2 m en utilisant les colonnes et les murs comme points de repère.

3.2.1 Étude de la délimination

3.2.1.1 Objectif

La délamination superficielle se produit selon un plan de séparation parallèle à la surface de la dalle, au niveau de l'armature supérieure, comme l'illustre la figure 3.2.1. En général, elle est invisible à la surface du béton. Par la trainée d'une chaîne, on peut repérer les zones de délamination superficielle.

3.2.1.2 Description des techniques

Cette méthode de repérage consiste à tirer une lourde chaîne d'acier sur la surface du béton. Le son qu'elle émet passe d'un tintement à un son sourd lorsqu'elle passe sur une zone de délamination superficielle. Une fois que la zone est grossièrement délimitée, on peut définir ses limites plus précisément en frappant la surface à l'aide d'un marteau.

Les limites des zones de délamination superficielle doivent être indiquées à l'aide d'un marqueur ou de peinture en aérosol.

Si la dalle est recouverte d'une membrane d'étanchéité ou d'une chape, un enlèvement sélectif peut être nécessaire pour distinguer les zones de désagrégation superficielle des zones où la membrane ou la chape est décollée.

Dans le cas des membranes minces, les zones décollées sont souvent visibles puisqu'elles forment des bulles remplies d'eau qui sont faciles à pousser avec la main ou qui peuvent

être coupées à l'aide d'un couteau. Dans le cas de certaines membranes, il peut être impossible de distinguer une membrane décollée d'un béton délaminé.

3.2.1.3 Équipement

1. La traînée de chaîne(s). Une seule chaîne lourde ou, quatre ou cinq chaînes légères reliées à une poignée peuvent être utilisées.
2. Un sac pour recueillir des échantillons, suffisamment grand pour contenir un morceau de béton délaminé ou de membrane décollée, ainsi que des étiquettes d'identification.

3.2.1.4 Évaluation

Bien que chaque garage soit différent, des réparations majeures s'imposent généralement lorsque la zone de délamination superficielle représente environ dix pour cent de l'aire totale.

3.2.1.5 Documentation: établissement et classement des documents de travail

Tous les documents de travail produits au cours de cette analyse doivent être conservés. Les zones de délamination superficielle doivent être indiquées sur un croquis tel qu'illustré à la figure 3.2.2. L'ampleur de la délamination, exprimée en un pourcentage de l'aire d'essai, peut être extrapolée afin d'estimer l'aire de délamination superficielle globale du garage.

3.2.2 **Mesure au pachomètre**

3.2.2.1 Objectif

On peut mesurer l'épaisseur de recouvrement de béton au-dessus de la couche supérieure d'armature à l'aide d'un pachomètre. Cet instrument décèle l'acier par effet magnétique et est étalonné de manière à donner l'épaisseur de recouvrement de béton pour un diamètre de barre connu. Lorsqu'on ne connaît pas le diamètre de la barre, l'épaisseur peut tout de même être évaluée approximativement puisque la mesure n'est pas sensible aux dimensions de la barre.

3.2.2.2 Description des techniques

Une fois que l'instrument a été mis en marche et est réchauffé, il est remis à zéro conformément aux instructions du fabricant. La précision de l'appareil peut être vérifiée en prenant plusieurs mesures en des endroits où l'épaisseur de recouvrement peut être vérifiée manuellement par exemple aux trous où l'on a prélevé des carottes ou aux zones de délamination superficielle. La précision est normalement de 3 mm pour une épaisseur de recouvrement jusqu'à 40 mm, et de 6 mm pour un recouvrement de plus de 40 mm (référence 5).

Pour mesurer le recouvrement, la sonde est placée sur la surface du béton parallèlement à la barre et est ensuite déplacée perpendiculairement à cette direction. L'emplacement de la barre correspond au point où l'aiguille du pachomètre a atteint son maximum et on peut lire directement sur l'échelle l'épaisseur du recouvrement.

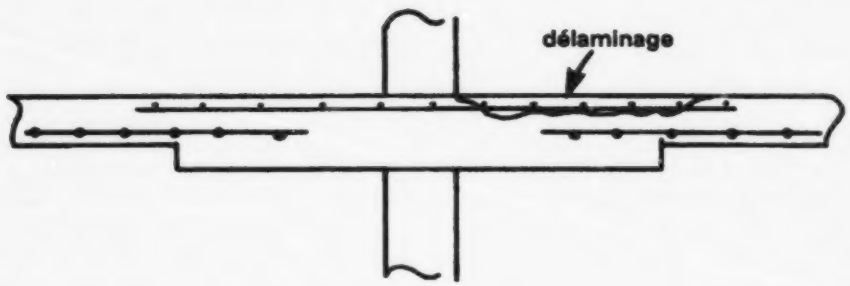

Figure 3.2.1 Délamination d'un plancher-dalle

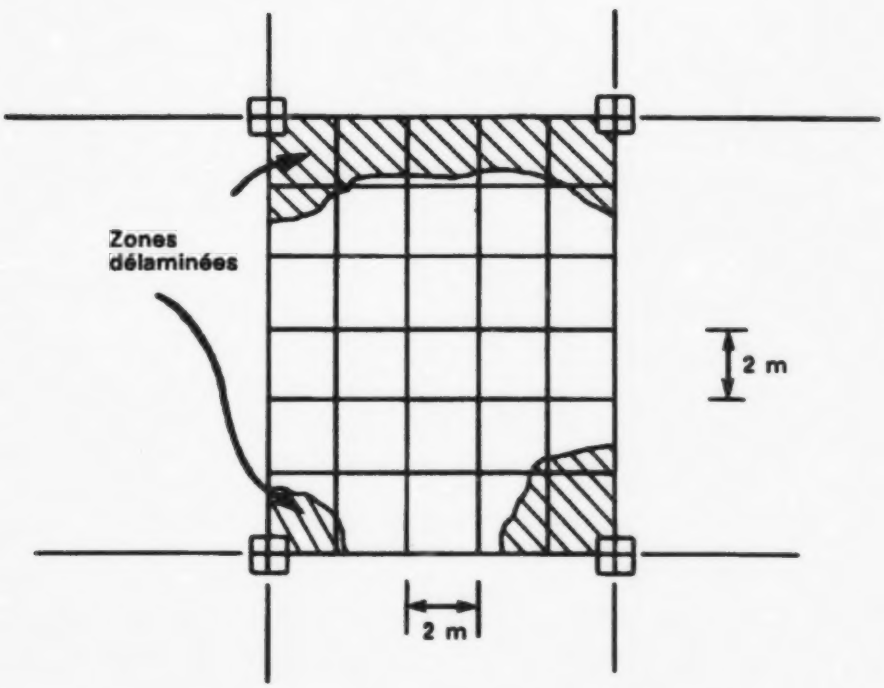

Figure 3.2.2 Représentation des zones délaminées

Pour plus de renseignements sur cette méthode, consulter la norme "BS4408" mentionnée à la section 5.2.

3.2.2.3 Équipement

Un pachomètre de type James Electric R–Meter est nécessaire.

3.2.2.4 Évaluation

Il est prudent de prévoir un recouvrement suffisant lors de la construction puisque c'est là un facteur important dans la durabilité des planchers de garage. Dans les garages très détériorés, le recouvrement n'atteint généralement que 1 à 5 mm aux zones de délamination.

Les zones où le béton n'est pas encore délaminé, mais qui n'ont que 5 à 10 mm d'épaisseur de recouvrement, sont très susceptibles de causer des problèmes dans le future.

3.3 ÉTAPE III – MONITORAGE DÉTAILLÉ ET SPÉCIALISÉ

Ces essais ne sont pas difficile à effectuer mais ils nécessitent du matériel complexe et spécialisé. Il est préférable de les confier à des bureaux d'ingénierie qui se spécialisent dans ce type de travaux.

3.3.1 Mesure à l'aide d'une demi–cellule

3.3.1.1 Objectif

Une demi–cellule cuivre–sulfate de cuivre est un instrument qui permet de mesurer la différence de potentiel d'un acier d'armature à chaque point au quadrillage de la zone d'essai. Cette mesure permet de déterminer l'ampleur de la corrosion de l'armature dans cette zone.

3.3.1.2 Description des techniques

Comme l'illustre la figure 3.3.1, la méthode consiste à raccorder un câble à une barre d'armature mise à nue et à une demi–cellule cuivre–sulfate de cuivre par l'intermédiaire d'un voltmètre. La demi–cellule est ensuite placée sur chaque point de quadrillage de la zone d'essai et l'on peut lire la différence de potentiel de l'armature à chaque endroit. Pour que ces mesures puissent être prises, la membrane d'étanchéité du plancher doit être enlevée au point de mesure.

3.3.1.3 Équipement

Un dispositif de mesure à demi–cellule cuivre–sulfate de cuivre, un marteau et un ciseau sont nécessaires pour mettre l'armature à nu ainsi qu'une brosse métallique pour nettoyer au besoin.

3.3.1.4 Évaluation

Le potentiel mesurée est directement reliée à l'activité corrosive. Si la mesure est supérieure à –0.20 V CSE (CSE: Copper Sulphate Equipotential), la probabilité de

corrosion de l'armature dans cette zone est inférieure à 10 pour cent. Lorsque la mesure se situe entre –0.20 et –0.35 V CSE, la probabilité de corrosion est incertaine. Lorsque la mesure est inférieure à –0.35 V CSE, la probabilité est supérieure à 90 pour cent.

À moins de remplacer tout le béton contaminé de chlorure, la corrosion de l'armature progressera mais à une vitesse réduite. Du béton réparé et protégé par une membrane d'imperméabilisation peut subir une corrosion active sur 25% de la surface (référence 5).

Il est souvent impossible ou non pratiquable d'enlever autant de béton. Dans ces cas, la délamination continue au–dessous de la membrane d'étanchéité et l'on peut s'attendre à ce que des réparations soient nécessaires dans cinq à dix ans.

3.3.1.5 Documentation: établissement et classement des documents de travail

En utilisant les différences de potentiel mesurées aux points de quadrillage comme repères, on trace le contour des lignes équipotentielles. Sur la figure 3.3.2, la zone ombrée représente les endroits où le potentiel est supérieur à –0.35 volt, indiquant qu'il y a plus de 90 pour cent de probabilité de corrosion de l'armature à cet endroit.

3.3.2 Essai de perméabilité aux chlorures

3.3.2.1 Objectif

L'épaisseur et la perméabilité du recouvrement ont un effet sur le temps requis pour que les chlorures atteignent l'armature. Par conséquent, pour la protection de l'acier, du béton à faible perméabilité et/ou une membrane imperméable sont très utiles, comme le montre l'essai de perméabilité.

3.3.2.2 Description des techniques

L'essai de perméabilité standard était celui de la norme AASHTO T 259–80, "Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration". Malheureusement, il faut 90 jours pour effectuer cet essai.

Un nouvel essai plus rapide, qui ne demande que 6 heures, a récemment été mis au point (référence 5). Cet essai est effectué sur les 50 mm supérieurs d'une carotte de diamètre normalisé. On peut ainsi évaluer l'effet des produits de scellement ou de la membrane d'imperméabilisation de la surface.

L'éprouvette est placée dans l'appareillage d'essai (figure 3.3.3) et un courant continu de 60 volts lui est appliqué pendant six heures, forçant les ions chlorure à migrer hors de la solution de chlorure de sodium et à traverser le béton. Le courant en fonction du temps est intégré de manière à déterminer la charge électrique totale en coulombs.

3.3.2.3 Équipement

Une drille à pointe de diamant permettant d'obtenir des carottes de 100 mm de diamètre et l'appareillage de laboratoire illustré à la figure 3.3.3 sont nécessaires.

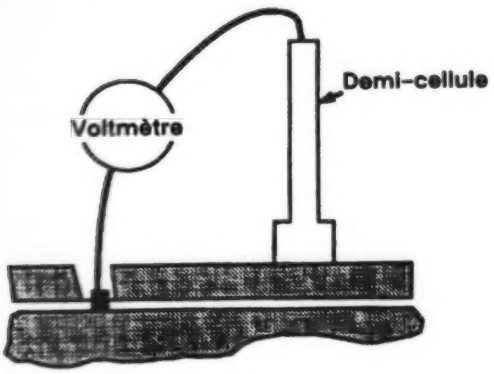

Figure 3.3.1 Demi-cellule cuivre-sulfate de cuivre

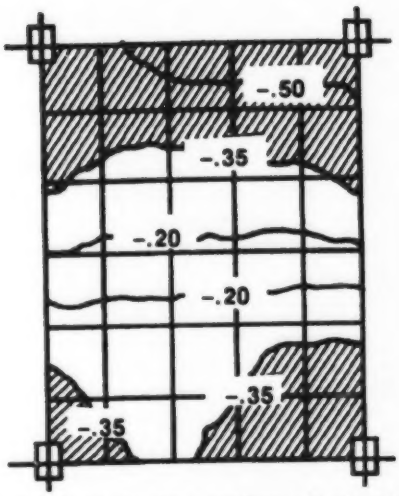

Figure 3.3.2 Carte de courbes de niveaux équipotentiels

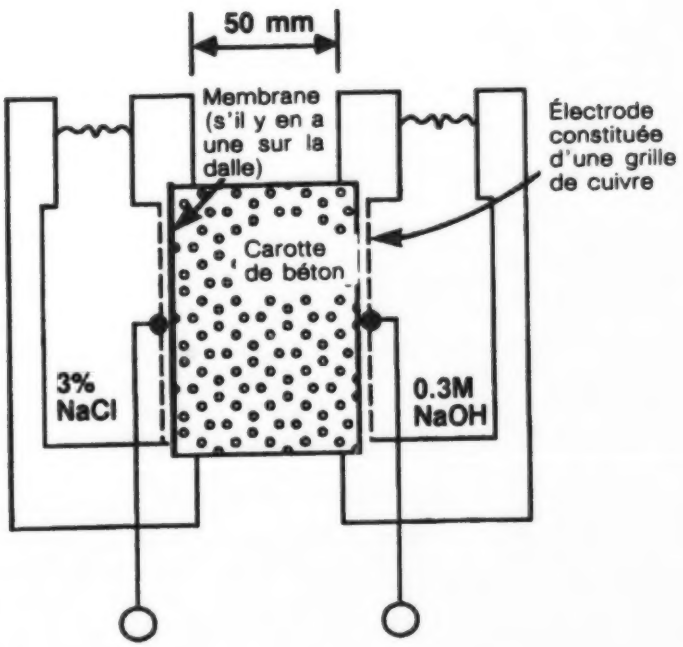

Figure 3.3.3 Essai rapide de perméabilité

3.3.2.4 Évaluation

Le tableau 3.3.1, tiré de la référence 5, est utilisé pour évaluer lesrésultats.

Perméabilité aux chlorures	Charge traversée (en coulombs)	Type de béton
Élevée	4000	Rapport élevé d'eau/ciment (0.6)
Modérée	2000 à 4000	Rapport modéré d'eau/ciment (0.4 à 0.5)
Faible	1000 à 2000	Faible rapport d'eau/ciment, béton à forte densité, de type "Iowa"
Très faible	100 à 1000	Béton modifié au latex
Négligeable	100	Béton de polymères

Tableau 3.3.1 Interprétation des résultats de l'essai de perméabilité aux chlorures

Plus la charge est faible, plus le béton est imperméable. Une éprouvette comportant une membrane d'étanchéité devrait avoir une perméabilité nulle ou négligeable. L'effet des produits de scellementest plus variable puisque leur efficacité dépend de l'usure par la circulation. Les valeurs mesurées varient entre 400 et 8700 coulombs (référence 5).

Les résultats des essais et relevés d'état décrits à la section 3 doivent être analysés par l'ingénieur et, au besoin, une analyse structurale doit être effectuée afin de déterminer l'effet de la détérioration sur la structure. L'ingénieur doit aussi déterminer l'étançonnage nécessaire et la méthode de réparation à adopter. La hauteur libre, la charge permanente supplémentaire, le bruit, la poussière et l'eau sont tous des éléments à considérer.

Le document de la SCHL intitulé "Deterioration of Parking Structures" (référence 8) décrit des méthodes de réparation et un bon traitement contre la détérioration.

4. RÉFÉRENCES

1. Litvan, G.G., **Détérioration des garages de stationnement**, Conseil national de recherches du Canada, Division des recherches en bâtiment, Digest de la construction au Canada no 224, août 1983, 4 pp.

2. Peterson, C.A., **Survey of Parking Structure Deterioration and Distress**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, no 3, March 1980, pp. 47–55.

3. **Corrosion of Metals in Concrete**, ACI Committee 222, ACI Journal, January–February, 1985, pp. 3–32.

4. Monroe, D., **Principles of Watertight Concrete Construction for Parking Structures**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, no 3, March 1980, p.p. 22–27.

5. Bickley, J.A., **Parking Structure Deterioration: A Survey and Analysis of its Extent and Influencing Factors: Vol. 1**, Société canadienne d'hypothèques et de logement, décembre 1984, 160 pp.

6. **Parking Garage Maintenance Manual**, prepared by the Parking Consultants Council, National Parking Association, Washington, 47 pp.

7. Pinjarkar, S.G., Osborn, A.E.N., Koob, M.J., and Pfeifer, D.W., **Rehabilitation of Parking Decks with Super–Plasticized Concrete Overlay**, Concrete International: Design and Construction, Vol. 2, no 3, March 1980, pp. 56–61.

8. Suter, G.T., **Deterioration of Parking Structures: Extent, Causes and Repair Considerations**, Société canadienne d'hypothèques et de logement, octobre 1985, 59 pp.

9. **State–of–the–Art Report on Parking Structures**, ACI Committee 362, ACI Journal, no 4, Proc. V. 82, July–August, 1985, 35 pp.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS STANDARDS DE MESURE CETTE SECTION EST SANS OBJET

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÉGLEMENTATION APPLICABLE

Les autorités compétentes et réglements suivants doivent régir la conception ou la réparation des structures des garages de stationnement:

Pour l'évaluation de l'état et la réparation de garages existants:

1. **Interim Guidelines, Investigation, Repairs, Design and Construction of Parking Structures**, par le chapitre ontarien du comité de l'ACI sur les structures de garages de stationnements.

2. **State-of-the-Art Report on Parking Structures**, ACI Committee 362, Journal of the American Concrete Institute, Proceedings Volume 82, No. 4, 1985, pp. 544-578.

Pour la conception de garages neufs:

3. **Nouvelles exigences relatives à la construction de garages de stationnement étagé**, Société canadienne d'hypothèques et de logement, Bulletin technique de construction no. T-7, 1984.

Pour les essais:

4. **Recommendations for Non-Destructive Methods of Test for Concrete, Part 1, Electromagnetic Cover Measuring Devices**, British Standards Institution, Standard BS 4408, Part 1, 1969.

5. **Half-Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete** ASTM C876-80, American Society for Testing and Materials.

6. **Prélèvement et détermination de la résistance à la compression de carottes de béton**, CAN3-A23.2-M77 - Essais concernant le béton, méthode d'essai 14C, Association canadienne de normalisation.

7. **Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration**, AASHTO T 259-80, American Association of State Highway and Transportation Officials.

5.3 RÉSUMÉ DES RENSEIGNEMENTS FOURNIS PAR LES PLANS ET CAHIERS DES CHARGES DES GARAGES DE STATIONNEMENT

5.3.1 Renseignements généraux

1. Nom et adresse de bâtiment : _____
   _____
   _____
2. Date de la dernière révision des plans : _____
3. Espaces de stationnement : Toit _____ Souterrain _____
4. Type de structure : (plaque horizontale/plancher–dalle plat avec dénivellations/dalle à armature dans un seul sens/béton précontraint (par pré–tension, par post–tension)/acier de construction
   _____
5. Au–dessus ou au dessous du niveau du sol
   Fermé ou à ciel ouvert : _____
6. Chauffé ou non chauffé : _____
7. Structure indépendante ou partie d'un bâtiment : _____
8. Nombre d'étages, à l'exclusion du toit : _____
9. Présence d'aménagement paysagé : _____

5.3.2 Données de conception

1. Sur des feuilles de papier distinctes, indiquer:

   - le plan d'un étage type avec les lignes de quadrillage, les dimensions, etc.
   - l'emplacement des joints de dilatation
   - les détails des joints de dilatation
   - le détail des avaloirs du plancher
   - une coupe de la structure
   - s'il y a une membrane d'imperméabilisation, indiquer son traitement aux avaloirs et aux joints de dilatation

2. Béton

   Gentre d'exposition spécifiée (encercler une lettre): A B C D (Voir le tableau 7 de la norme ACNOR CAN3–A23.1–M77, "Béton – Constituants et exécution des travaux".)

   Air occlus : _____ %
   Teneur en ciment minimale : _____ kg/m³
   Résistance à 28 jours : _____ MPa

3. Épaisseur de recouvrement spécifiée : _____ mm

4. Imperméabilisation ou scellement spécifié? _____
   Type : _____

5. Barres enduites de résines époxydes? _____

6. Pente vers les avaloirs : _____

7. Espacement entre les avaloirs : _____ mètres

5.4 LISTE DE VÉRIFICATION POUR L'INSPECTION DES GARAGES DE STATIONNEMENT PAR DES EXPERTS

5.4.1 Renseignements généraux

1. Nom et adresse du bâtiment : _____
2. Nom et numéro de téléphone du gérant d'immeuble : _____

   Depuis combien de temps le gérant occupe-t-il cette fonction? _____
3. Type de construction : _____
4. Réparations antérieures : _____
5. Inspecté par : _____ Date : _____

5.4.2 Résumé des côtes

Cette section doit être remplie après les sections 5.4.3 et 5.4.4. (Utiliser les expressions suivantes: très mauvais/mauvais/passable/ bon/très bon)

	Apparence en surface	Apparence en sous-face	Côte globale
Dalle de toît			
Dalles intérieures			
Rampes			
Joints de dilatation			
Murs, poteaux			
Avaloirs			
Autres			

Côte globale du garage : _____

Commentaires concernant des défauts de structure graves : _____

5.4.3 État des planchers – dalles

Faire des photocopies de la présente section et utiliser une copie distincte pour chaque dalle.

1. Type de dalle (encercler le type approprié)
   Dalle sur le sol Plancher suspendu Rampe Dalle de toit

2. Étage : _____

3. Surface supérieure
   a) Protection :
      _____ membrane
      _____ produit de scellement
      _____ aucune

   b) Membrane :
      Type _____
      État : _____ usée dans les zones de forte circulation
      _____ n'adhère plus au béton
      _____ déchirée ou fissurée

   c) Produit de scellement :
      Traces d'un nouvel enduit? _____
      Lorsque de l'eau est versée sur le béton, forme-t-elle des gouttes?_____
      S'infiltre-t-elle? _____

   d) Rapiéçages et trous
      _____ Aucun
      _____ Quelques uns
      _____ Nombreux
      _____ Très nombreux

   e) Fissures en surface:
      i) Nombre de fissures
      _____ Aucune
      _____ Quelques-unes (1 m de longueur par 20 m²)
      _____ Nombreuses (1 à 5 m de longueur par 20 m²)
      _____ Très nombreuses (plus de 5 m de longueur par 20 m²)

      ii) Largeur des fissures
      _____ Presque invisible
      _____ Facilement visible
      _____ 0.5 mm ou moins
      _____ plus de 0.5 mm

   f) Béton délaminé :
      _____ % de l'aire (évalué par les méthodes de la chaîne trainée sur des surfaces prises au hasard)

   g) Entretien :
      Les planchers sont-ils balayés? _____
      Y a-t-il des signes de dépôts de sel? _____

   h) État général de la surface :
      _____ Tres bonne _____ Bonne _____ Très mauvaise
      _____ Passable _____ Mauvaise

4. Sous-face

a) Fissures associées à des dépôts infiltrés et à des tâches de rouille :
_____ Aucune
_____ Quelques unes (1 m de longueur par 20 m²)
_____ Nombreuses (1 à 5 m de longueur par 20 m²)
_____ Très nombreuses (plus de 5 m de longueur par 20 m²)

b) Quantité de béton éclaté :
_____ Nulle 1%
_____ Un peu (1% de l'aire totale)
_____ Modérée (1 à 2% de l'aire totale)
_____ Importante (plus de 2% de l'aire totale)

c) Barres d'armature exposées
i) Nombre de barres exposées
_____ Aucune
_____ Quelques unes
_____ Nombreuses
_____ Très nombreuses

ii) État des barres
_____ non rouillées
_____ Légèrement rouillées
_____ Modérément rouillées
_____ Très rouillées

d) Plaques humides :
_____ Aucune
_____ Quelques unes
_____ Nombreuses
_____ Très nombreuses

Ces plaques humides correspondent-elles à des flaques d'eau en surface? _____

e) État général de la sous face :
_____ Très bonne
_____ Bonne
_____ Passable
_____ Mauvaise
_____ Très mauvaise

5.4.4 Autres éléments

(Utiliser les expressions suivantes: aucun/quelques uns/nombreux/ très nombreux)

1. Joints de dilatation de toit et de plancher

   Fuites _____
   Fissurations ou non adhérence au béton _____
   Tâches de rouille _____
   Éclatement du béton contigu _____
   Barres adjacantes exposées _____
   Jeu des joints de dilatation compensé? oui ___ non ___

2. Joints de dilatation des poteaux et murs

   Fuites _____
   Fissurations ou non adhérence au béton _____
   Tâches de rouille _____
   Éclatement du béton contigu _____
   Barres adjacantes exposées _____
   Jeu des joints de dilatation compensé? oui ___ non ___

3. Poteaux/poutres

   Fissurations _____
   Éclatements _____
   Barres exposées _____

4. Murs

   Type: Blocs _____
   Béton coulé _____
   Tâches d'eau _____
   Éclatements _____
   Barres exposées _____

5. Avaloirs de sol:

   Avaloirs
   propres _____ obstrués _____
   Flaques d'eau sans avaloir? _____
   Fuites autour des avaloirs? _____
   Fuites par les canalisations? _____
   Détérioration du béton contigu? _____
   Les tuyaux d'évacuation sont-ils encore efficaces? _____

6. Électricité:

   Les conduits électriques sont-ils très rouillés? _____
   Les coffrets de raccordement sont-ils très rouillés? _____

5.5 LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toîts structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures